Introduzione al linguaggio C
Puntatori

Violetta Lonati

Università degli studi di Milano
Dipartimento di Informatica

Laboratorio di algoritmi e strutture dati
Corso di laurea in Informatica

Argomenti

Puntatori

- Operatori & e *
- Puntatori come argomento di funzione
- Puntatori come valori restituiti
- Puntatori a strutture
- Aritmetica dei puntatori
- Puntatori e array
- Stringhe e puntatori

Array frastagliati

- Array di stringhe
- Argomenti da linea di comando

Variabili di tipo puntatore

Indirizzi di memoria

La memoria è divisa in byte, ognuno dei quali ha un indirizzo. Ogni variabile occupa uno o più byte a seconda del suo tipo.

Variabili puntatore

- Sono variabili che hanno come valore un indirizzo di memoria.
- Se `p` contiene l'indirizzo di memoria in cui si trova la variabile `i`, diciamo che `p punta a i`.

Dichiarazione di variabili puntatore

Dato che due variabili di tipo diverso occupano quantità di memoria diversa, è importante specificare che tipo di variabile può puntare un puntatore:

```
int *p;    /* p punta a variabili di tipo int */
int a, b, *p, n[10];  /* dichiarazione composta*/
```

Operatori di indirizzo (&) e indirezione (*)

- L'operatore & consente di ottenere l'indirizzo di memoria di una variabile:

```
int i, *p; /* dichiaro il puntatore a intero p */
p = &i; /* assegno a p l'indirizzo di i */
```

- E' possibile inizializzare una variabile puntatore in fase di dichiarazione:

```
int i;
int *p = &i;
```

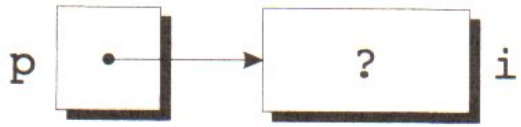
- L'operatore * consente di accedere alla variabile puntata dal puntatore:

```
int i = 3, *p = &i;
printf( "%d", *p ); /* stampa 3 */
```

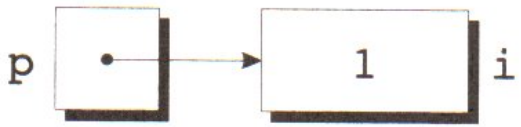
- Cambiando il valore di *p si cambia il valore della variabile puntata!

Esempio

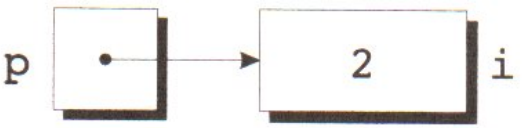
```
p = &i;
```




```
i = 1;
```




```
printf("%d\n", i);        /* stampa 1 */
printf("%d\n", *p);       /* stampa 1 */
*p = 2;
```




```
printf("%d\n", i);        /* stampa 2 */
printf("%d\n", *p);       /* stampa 2 */
```

Assegnamento di puntatori

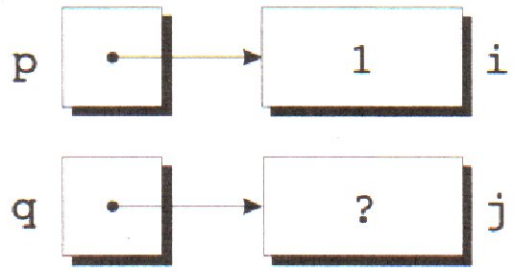
- Attenzione! Se un puntatore `p` non è inizializzato, il suo valore non è definito, quindi non è definito nemmeno `*p`; `p` potrebbe puntare ad uno spazio di memoria qualsiasi, anche riservato al sistema operativo $\rightarrow$ segmentation fault!
- La seguente porzione di programma copia il valore di `p` (cioè l'indirizzo di `i`) dentro `q`, ovvero dopo la copia anche `q` punterà alla variabile `i`.

```
int i, j, *p, *q;
p = &i;
q = p; /* copia di puntatori */
```

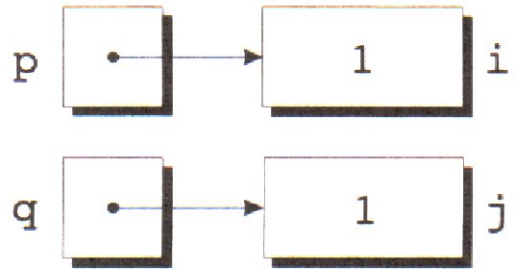
- Cambiando il valore di `*p` si cambia automaticamente anche il valore di `*q`.
- Fate attenzione a non confondere `q = p;` con `*q = *p`: nel secondo caso, il valore della variabile puntata da `p` viene assegnato alla variabile puntata da `q`.

Esempio

```
p = &i;
q = &j;
i = 1;
```




```
*q = *p;
```



Puntatori come argomento di funzione

- Passando ad una funzione un puntatore ad una variabile, si può fare in modo che la funzione modifichi il valore della variabile stessa. Invece di passare la variabile `x` dovremo passare come argomento il suo indirizzo, ovvero `&x`.
- Al momento della chiamata il parametro `p` (di tipo puntatore) corrispondente a `&x` verrà inizializzato col valore di `&x` ovvero con l'indirizzo di `x`.

Esempio: l'uso di scanf

Passo alla funzione `scanf` l'indirizzo della variabile `i` di cui voglio cambiare il valore attraverso la chiamata della funzione `scanf` stessa:

```
int i;
scanf( "%d", &i );
```

L'operatore `&` nella `scanf` non è richiesto se come argomento uso un punt.:

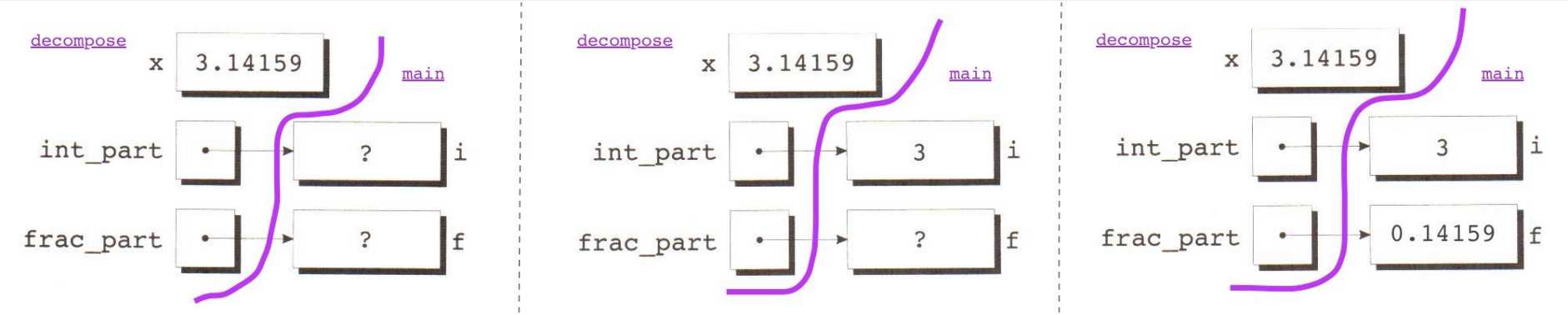
```
int i, *p = &i;
scanf( "%d", p );
```

Esempio

```
void decompose( float x, int *int_part,
                         float *frac_part) {
  *int_part = (int) x;
  *frac_part = x - *int_part;
}
```

Se `i` e `f` sono rispettivamente di tipo `int` e `float`, possiamo effettuare la chiamata

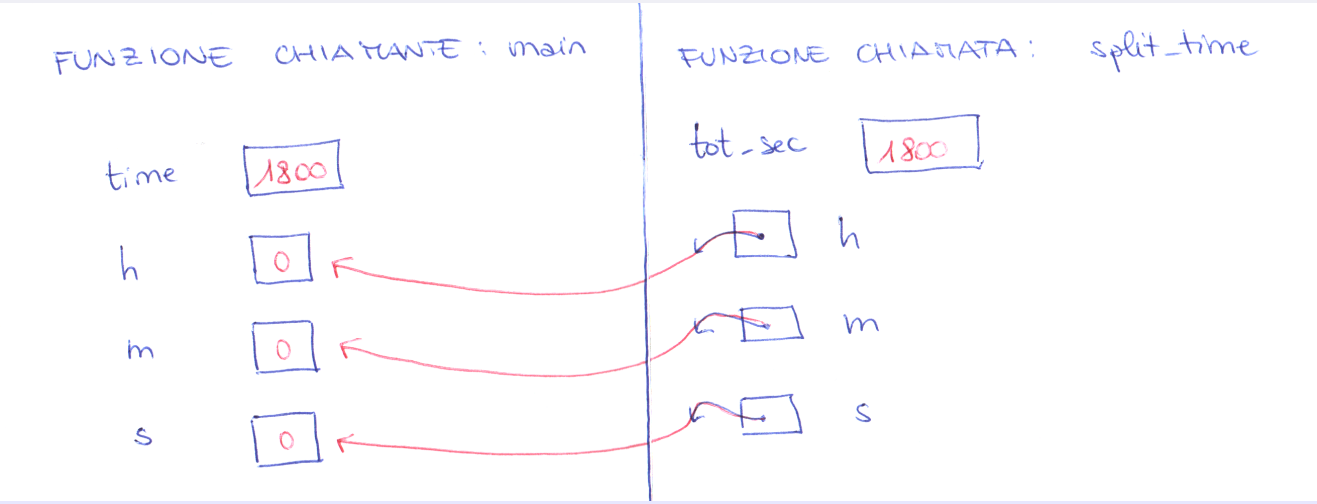
```
decompose( 3.14159, &i, &f);
```



Esempio

```
void split_time( long int tot_sec, int *h,
                 int *m, int *s ) {
  *h = tot_sec / 3600;          tot_sec %= 3600;
  *m = tot_sec / 60;            *s = tot_sec % 60;
}

int main( void ) {
  long int time = 1800;
  int h=0, m=0, s=0;
  split_time( time, &h, &m, &s );
  printf( "h = %d, m = %d, s = %d\n", h, m, s );
  return 0;
}
```



Puntatori come valori restituiti

E' possibile scrivere funzioni che restituiscono puntatori. Ad esempio:

```
int *max( int *a, int *b) {
  if ( *a > *b )
    return a;
  else
    return b;
}
```

Per invocare la funzione `max`, le passiamo due puntatori a variabili `int` e salviamo il risultato in una variabile puntatore:

```
int *p, i, j;
...
p = max( &i, &j);
```

Attenzione: non restituite mai un puntatore ad una variabile locale (a meno di averla dichiarata static)!

Puntatori a strutture

Accedere ai membri di una struttura usando un puntatore è un'operazione molto frequente, tanto che il linguaggio C fornisce l'operatore `->` specifico per questo scopo:

```
typedef struct {
  float x, y;
} punto;

typedef struct {
  punto p1, p2;
} rettangolo;

/* stampa i vertici che def. il rett. puntato da r*/
void stampa( rettangolo *r ) {
  printf( "Rett. di vertici (%f, %f) e (%f, %f).\n",
          r -> p1.x, r -> p1.y,
          r -> p2.x, r -> p2.y );
}
```

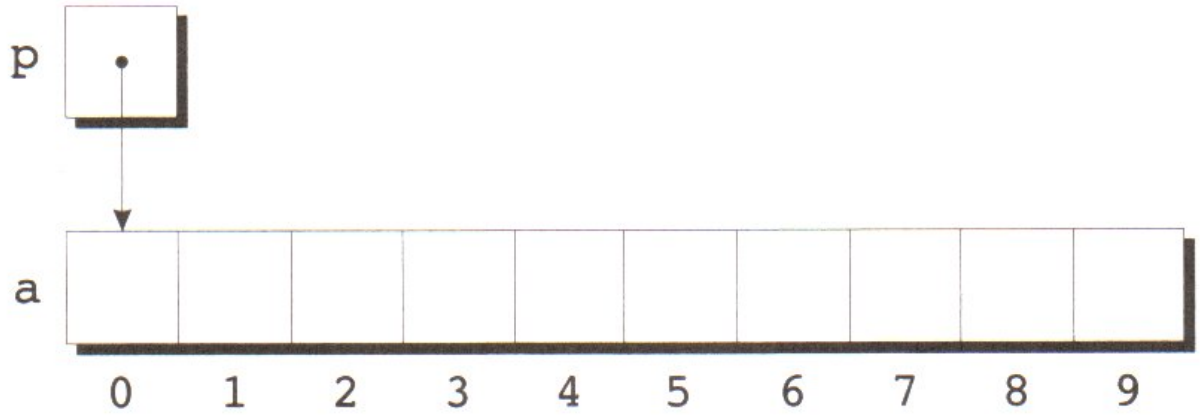
Aritmetica dei puntatori

Dichiarati

```
int a[10], *p;
```

possiamo fare in modo che un puntatore `p` punti ad `a[0]`:

```
p = &a[0];
```

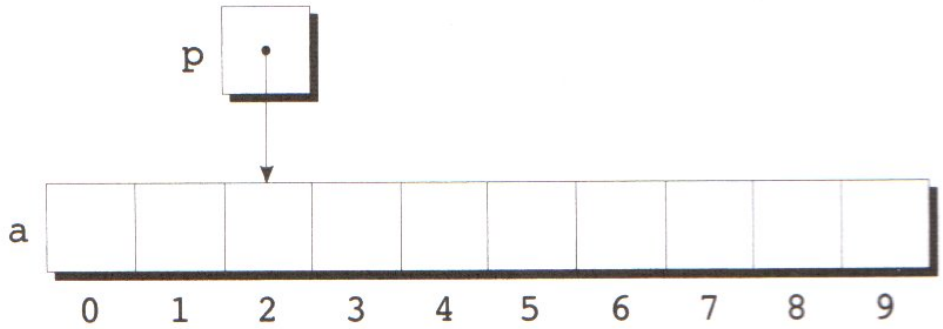


Usando i puntatori, possiamo anche accedere agli altri elementi di `a` usando l'aritmetica dei puntatori che prevede 3 operazioni:

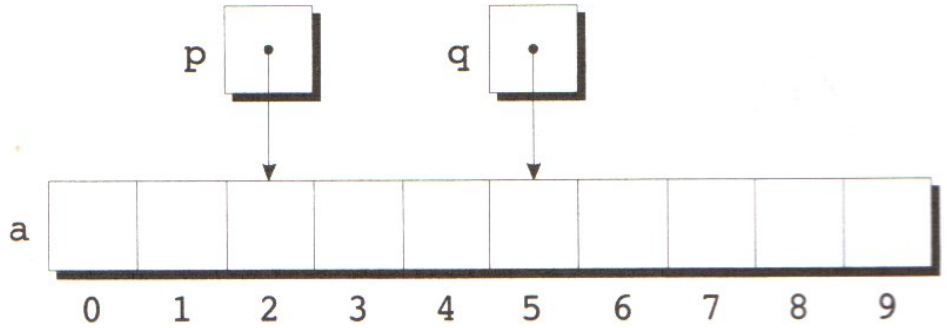
- sommare un intero a un puntatore;
- sottrarre un intero a un puntatore;
- sottrarre da un puntatore un altro puntatore.

Sommare un intero a un puntatore

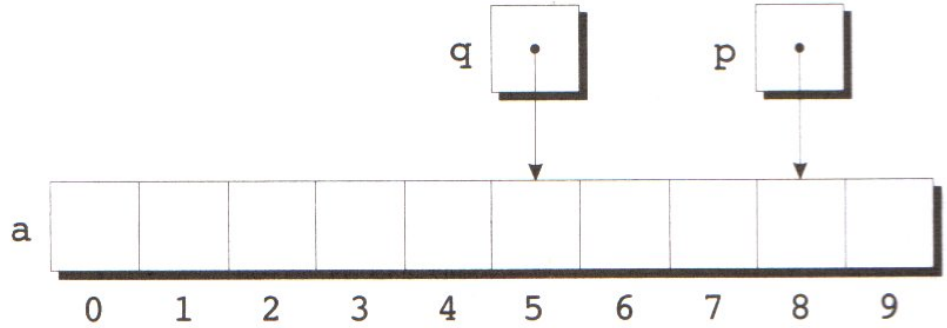
```
p = &a[2];
```




```
q = p + 3;
```

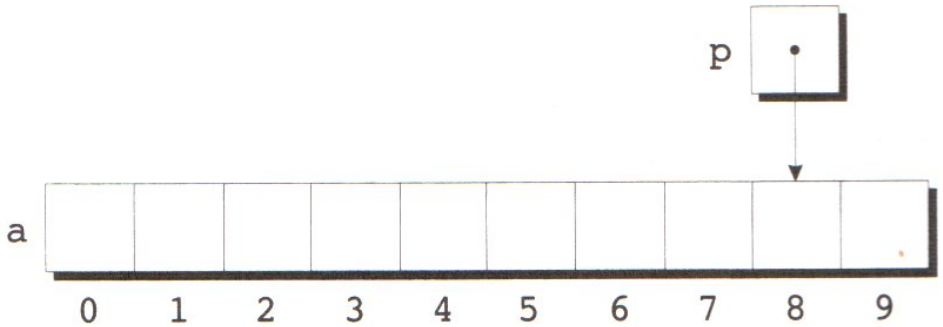



```
p += 6;
```

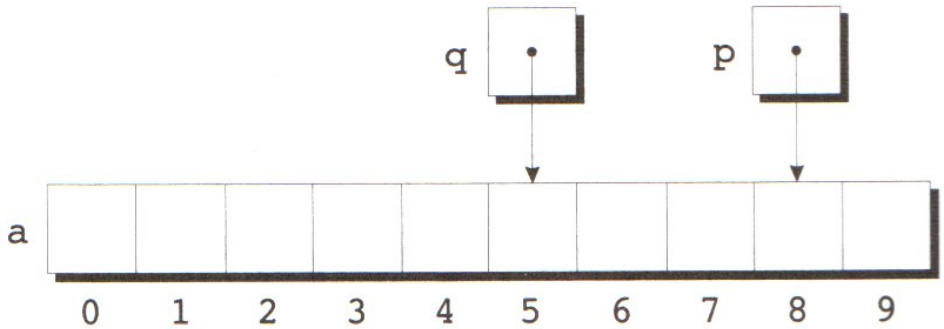


Sottrarre un intero a un puntatore

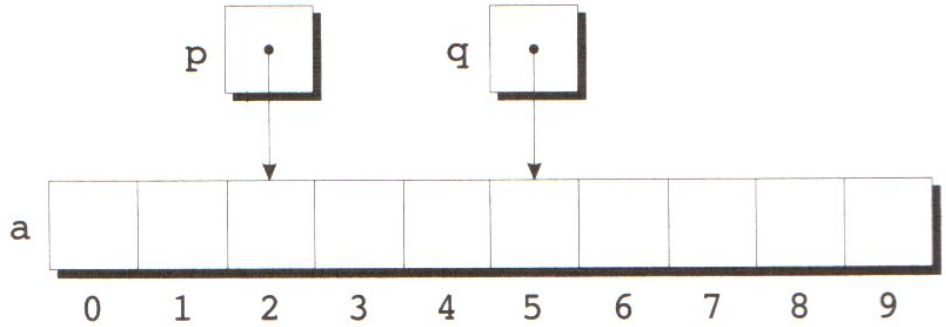
```
p = &a[8];
```




```
q = p - 3;
```



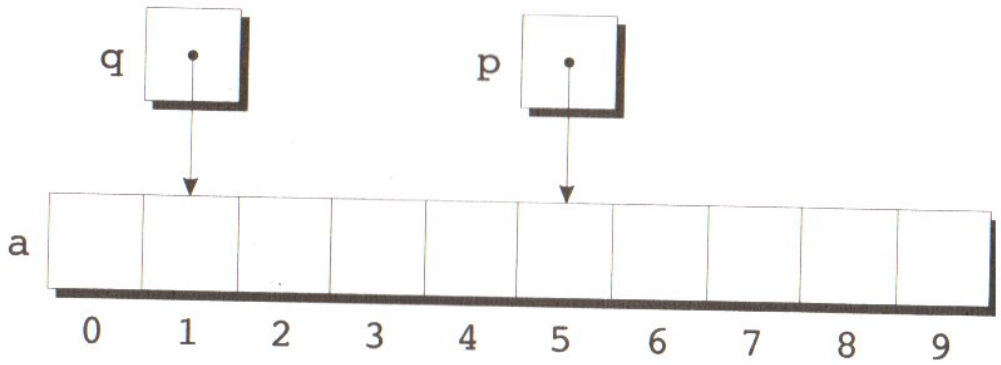

```
p -= 6;
```



Sottrarre da un puntatore un altro puntatore

```
p = &a[5];
q = &a[1];


i = p - q;/* i è uguale a 4 */
i = q - p;/* i è uguale a -4 */
```



Puntatori e array

Uso di puntatori per scorrere array

```
int a[N], *p, sum = 0;

for ( p = &a[0]; p < &a[N]; p++ )
  sum += *p;
```

Combinazione tra * e ++

- `*p++` equivale a `*(p++)`: prende il valore dell'oggetto puntato da p, poi incrementa il puntatore;
- `(*p)++`: prende il valore dell'oggetto puntato da p, poi incrementa tale valore;
- `*++p`: incrementa p, poi prende il valore dell'oggetto puntato;
- `++*p`: incrementa il valore dell'oggetto puntato e prende il valore incrementato

Nomi di array come puntatori costanti

Il nome di un array può essere usato come puntatore costante al primo elemento dell'array. `a[i]` corrisponde a `*(a + i)`.

```
int a[N];
*a = 7;             /* salva 7 in a[0] */
*(a + 1) = 12       /* salva 12 in a[1] */
```

Uso di puntatori per scorrere array (rivisitato)

```
int a[N], *p, sum = 0;
for ( p = a; p < a + N; p++ )
  sum += *p;
```

Attenzione: non posso cambiare il valore di un array!

```
a++;            /* SBAGLIATO! */
a = p;          /* SBAGLIATO! */
```

Array come argomenti di funzioni

Il nome di un array argomento di funzione è sempre considerato come un puntatore.

- l'array non viene copiato (maggiore efficienza);
- l'array non è protetto da cambiamento (usare `const`);
- non c'è modo di sapere quanto è lungo l'array;
- è possibile passare porzioni di array:

```
somma( a, n );
somma( &a[5], n );
```

- il parametro può essere definito indifferentemente
  - come array `int a[]`
  - o come puntatore `int *a`

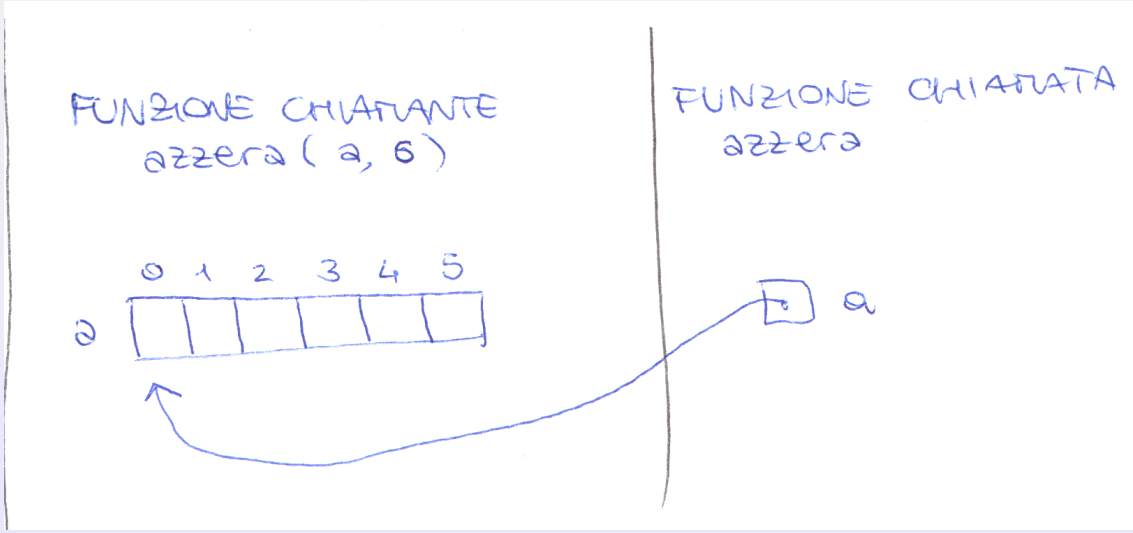
Attenzione: nelle dichiarazioni di variabili invece c'è differenza tra queste due dichiarazioni:

```
int a[N];    /* alloca lo spazio per N interi */
int *a;      /* alloca lo spazio solo per
                un puntatore a intero */
```

Esempio

```
void azzera( int a[], int n) {
  int i;
  for ( i = 0; i < n; i++ )
    a[i] = 0;
}
```

Il vettore `a` viene trattato come puntatore, quindi non viene copiato, ma viene passato alla funzione l'indirizzo del suo primo elemento `&a[0]`. La funzione azzera quindi direttamente gli elementi di `a` e non di una copia locale!



Array come argomenti di funzione

- Se il vettore è unidimensionale, la dimensione può essere omessa.

```
int f( int a[] ) { ... }
```

- Se il vettore è multidimensionale, solo la prima dimensione può essere omessa.

```
int f( int a[][LUN] ) { ... }
```

- la funzione non ha modo di sapere quanto è lungo il vettore (l'operatore `sizeof` non può essere usato...) quindi può essere utile passare la lunghezza come parametro aggiuntivo:

```
int somma_array( int a[], int n ) {
  int i, sum = 0;
  for ( i = 0; i < n; i++ )
    sum += a[i];
  return sum;
}
```

Stringhe e puntatori

- Ogni letterale stringa (es: `"ciao"`) è un array di caratteri, quindi è trattato come puntatore a carattere.
- Ad esempio il primo parametro nel prototipo della funzione printf è un puntatore a carattere:

```
int printf( const char *format, ...);
```

- Se una stringa è argomento di una funzione, alla chiamata essa non viene copiata, ma viene passato l'indirizzo della sua prima lettera.

Stringhe e puntatori - attenzione alle dichiarazioni

Dichiarazione come array

```
char data[] = "13␣maggio";
```

- data è un vettore che contiene i caratteri `'1'`, `'3'`, ...
- i singoli caratteri possono essere modificati (Es: `data[1] = '4'`);

Dichiarazione come puntatore

```
char *data = "13␣maggio";
```

- il letterale costante `"13␣maggio"` è memorizzato in un array;
- l'inizializzazione fa si che `data` punti al letterale costante;
- il puntatore `data` può essere modificato in modo che punti altrove.

File di intestazione `string.h`

Copia di stringhe

Non si possono usare assegnamenti tipo `str = "abcd"`; usiamo la funzione

```
char *strcpy(char *dest, const char *src);
```

che copia `src` in `dest` e ne restituisce l'indirizzo.
Esempio: `sctrcpy(str, "abcd")` copia `"abcd"` in `str`.

Concatenazione di stringhe

```
char *strcat(char *dest, const char *src);
```

aggiunge il contenuto di `src` alla fine di `dest` e restituisce `dest` (ovvero il puntatore alla stringa risultante).

Confronto tra stringhe

```
int strcmp(const char *s1, const char *s2);
```

restituisce un valore maggiore, uguale o minore di 0 a seconda che `s1` sia maggiore, uguale o minore di `s2`.

Esempio: calcolare la lunghezza di una stringa

```c
/* Prima versione */
int lun_stringa( const char *s ) {
  int n = 0;
  while ( *s != '\0' ) {
    n++; s++;
  }
  return n;
}
```

```c
/* Seconda versione */
int lun_stringa( const char *s ) {
  int n = 0;
  while ( *s++ != '\0' )
    n++;
  return n;
}
```

Esempio: calcolare la lunghezza di una stringa - continua

```c
/* Terza versione */
int lun_stringa( const char *s ) {
  int n = 0;
  while ( *s++ )
    n++;
  return n;
}
```

```c
/* Quarta versione */
int lun_stringa( const char *s ) {
  const char *p = s;
  while ( *s++ )
    ;
  return s - p - 1;
}
```

Array di stringhe

Un vettore bidimensionale di caratteri può essere pensato come un array di stringhe di lunghezza costante: ogni riga contiene una stringa della stessa lunghezza.

```
char colori1[6][10] = {"rosso", "blu", "oltremare"
                       "verde", "nero", "giallo"};
```

- Il numero di colonne è pari almeno alla lunghezza massima delle stringhe (incluso il fine stringa): in questo esempio occupo lo spazio per $6 \times 10 = 60$ caratteri.
- Buona parte di questo spazio è occupata dal carattere nullo `'\0'`.
- NB: se si usa un vettore bidimensionale come parametro di funzione, è necessario specificare la seconda dimensione, ad esempio:

```
void stampa( char c[][10] );
```

Array di stringhe - 2

Il modo più corretto (ed efficiente) di gestire un insieme di stringhe di lunghezza variabile è attraverso l'uso di un array frastagliato, ovvero di un array di puntatori a char:

```
char *colori2[6] = {"rosso", "blu", "oltremare"
                    "verde", "nero", "giallo"};
```

- In questo caso occupo lo spazio di 6 puntatori a char, più lo spazio strettamente necessario a contenere le 6 stringhe, pari a $(5+1)+(3+1)+(9+1)+(5+1)+(4+1)+(6+1) = 38$ caratteri.
- Il nome di un array di stringhe può essere considerato come un puntatore a stringa. Ad esempio, come parametro di funzione si può usare indifferentemente: `char *c[]` oppure `char **c`.
- NB: nei parametri di funzione devo usare dichiarazioni diverse se uso array frastagliati o array bidimensionali:
  `char c[][10]` non equivale a `char **c`!!

Argomenti da linea di comando

Ogni programma C può avere degli argomenti passati da linea di comando. Per poterli usare è necessario che la funzione `main` sia definita con due parametri, chiamati solitamente `argc` e `argv`.

```
int main ( int argc, char *argv[] ) { ... }
```

oppure

```
int main ( int argc, char **argv ) { ... }
```

- `argc` è pari al numero degli argomenti (incluso il nome del comando);
- `argv` è un array frastagliato di stringhe, di lunghezza `argc`+1:
  - `argv[0]` è il nome del comando;
  - `argv[1]` è il primo argomento;
  - `argv[argc-1]` è l'ultimo argomento;
  - `argv[argc]` è il puntatore `NULL` (...);

Argomenti da linea di comando - esempio

```c
/* somma.c - programma che somma i suoi argomenti */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main( int argc, char *argv[] ) {
  int i, somma = 0;
  for ( i = 1; i < argc; i++ )
    somma += atoi( argv[i] );

  printf( "Somma = %d\n", somma );
  return 0;
}
```

```
$ gcc -o somma somma.c
$ ./somma 1 3 10
Somma = 14
```